

CLIPPEDIMAGE= JP407151146A

PAT-NO: JP407151146A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 07151146 A

TITLE: METHOD FOR CONTROLLING MAGNETIC BEARING

PUBN-DATE: June 13, 1995

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

OSHIMA, MASAO

OGURO, RYUICHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

YASKAWA ELECTRIC CORP

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP05326324

APPL-DATE: November 29, 1993

INT-CL (IPC): F16C032/04

ABSTRACT:

PURPOSE: To prevent a rotary body from being damaged by outputting the alarm or stopping the rotation when the period of time when the command of the current to a current amplifier to be calculated by a digital control part exceeds the output limit of the amplifier exceeds the preset period of time.

CONSTITUTION: When the control of a rotary body is started, the signal on the number of revolution and the data on a displacement sensor 8 are inputted to an A/D converter 1, and the positional command is inputted to and A/D converter 9 respectively, and the sampling number and the command on the current while 1/2 rotation of the rotary body is realized are computed by a digital computing

element 2, and when the absolute value of the command on the current > the output limit of a current amplifier 5, the sampling number is counted only when the limit is exceeded continuously for each sampling, and when the counter value reaches or exceeds the preset ratio to the sampling number during 1/2 rotation of the rotary body value, a judgement is made that the non-linearity of the control system by the saturation of the command on the current is large, and the alarm is outputted or the rotor is emergently shut off. Thus, the damages by the touch-down of the rotary body can be prevented even when the control system becomes unstable due to disturbance or the like.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-151146

(43) 公開日 平成7年(1995)6月13日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

F 1 6 C 32/04

識別記号

A

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 1 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平5-326324

(22) 出願日 平成5年(1993)11月29日

(71) 出願人 000006622

株式会社安川電機

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

(72) 発明者 尾島 正夫

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

(72) 発明者 小黑 龍一

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

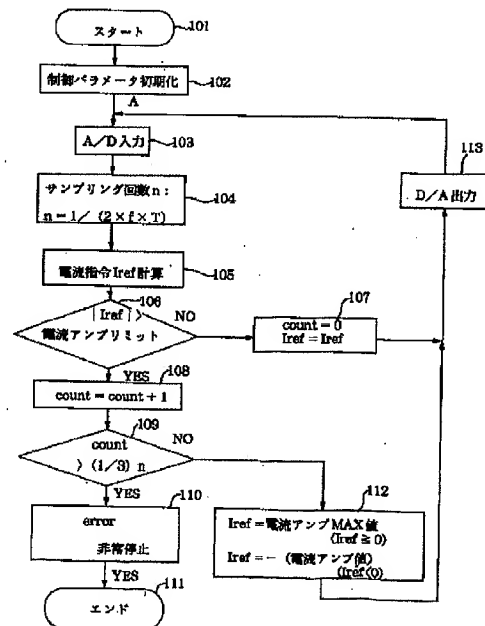
(74) 代理人 弁理士 西村 政雄

(54) 【発明の名称】 磁気軸受の制御方法

(57) 【要約】

【目的】 外乱等で不釣合いが増加し、磁気軸受用電磁石に与える電流を送出する電流アンプへの電流指令が、電流アンプの出力リミットを越えたときに、その現象を検出し事後処置を取る。

【構成】 検出した回転体の位置データと位置指令とのデジタル化した偏差を演算し、電流指令を導出するときに、回転体の回転周波数の半周期を  $n$  個に等分割してサンプリング周期とし、電流アンプの出力リミットを越えた  $n$  個の中の数値が予め設定された数値を超過したさい、アームの鳴動ないしは非常停止を取る。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転体が空隙を介して磁氣的に支承されるように回転体が備える回転軸の両端に配置し各端に並設した軸受用電磁石と、回転体の変位を検出する変位センサと、位置指令とその変位センサの検出信号に基づき位置偏差を導出してから前記軸受用電磁石に与える電流指令をデジタル演算するデジタル制御部と、その電流指令に応じた電流を流す電流アンプを備えた磁気軸受制御装置において、前記デジタル制御部で計算された電流アンプへの電流指令を監視し、その電流指令が電流アンプの出力リミットの値を越える時間が予め設定された期間を超過するときは、アラーム出力を出力させあるいは回転体の回転を停止させることを特徴とする磁気軸受の制御方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、回転体を非接触で支承する磁気軸受の制御方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来の技術としての従来例1のハードウェアを、図3の一般的な回路構成を用いて説明する。図3は、磁気軸受制御系の回路構成全体を表すブロック図である。図3において、1および9はA/D（アナログ→デジタル）変換器でそれぞれ変位センサ8および位置指令からのアナログ信号をデジタル信号化し、デジタル制御部3に入力する。デジタル制御部3では変位センサ8および位置指令からの両者の信号を基に、すなわち混合器2aにおいて位置指令から変位センサ8で検出の現在位置を減算した位置偏差を導出した後に、デジタル演算器2により電流指令I<sub>ref</sub>を計算する。この電流指令I<sub>ref</sub>をD/A（デジタル→アナログ）変換器4によりアナログ信号に変換して、電流アンプ5に入力する。電流アンプ5では電流指令I<sub>ref</sub>に比例した電流を磁気軸受用電磁石6に流すことにより、回転体7は非接触で浮上し、制御される。次に、上述した従来例1の磁気軸受制御を行う動作のフローチャートを図4に示す。この制御方法では、スタート[ステップ401]して、まず制御演算のためのパラメータ初期化を行う[ステップ402]。それから、A/D変換器1、9では位置指令や位置センサのデータを取込み[ステップ403]、それによりデジタル演算器2で電流指令I<sub>ref</sub>を計算する[ステップ404]。なお、この計算で電流指令I<sub>ref</sub>はすでに線形化されている。さらに、電流指令I<sub>ref</sub>を計算した後に、この電流指令の絶対値|I<sub>ref</sub>|が電流アンプ5の出力リミットの範囲内であるかを確認して[ステップ405]

、出力リミットの範囲内[ステップ405でNO]であればその指令通りに[ステップ406]D/A変換器4に出力し[ステップ408]、出力リミットの範囲を越えていれば[ステップ405でYES]、電流指令I<sub>ref</sub>を電流アンプ5の正あるいは負の最大電流に相当する値に置き

換えて[ステップ407]、D/A変換器4に出力する[ステップ408]。その後、タイマ割込みによりB点に戻り、制御ループが形成される。さらに、従来例2として特開平2-42210号がある。これは、回転体を上下方向に支持する制御コイルと、制御コイルと回転体との距離の増大に応じて制御電流を増大させる電流制御手段とを備えた磁気軸受装置において、前記電流制御手段は、前記制御コイルと回転体との離間距離が所定距離よりも短いときには、それよりも大きなゲインで制御電流を制御するゲイン制御手段を備えている磁気軸受装置であり、なお回転体の高周波領域では前記ゲイン制御手段による制御を停止し、制御可能な離間距離の全長にわたって略一定のゲインで制御電流を制御する周波数応答手段を、前記電流制御手段が備えている前項記載の磁気軸受装置である。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところが、従来例1においては、磁気軸受に加わる外乱が大きい（例えば回転体の不釣合いが大きい）場合、図5に示すように、電流指令I<sub>ref</sub>は軸受を安定に保つため、回転体の回転周波数に同期した振幅が大きな正弦波（図5中の実線51、実際には離散化している）となる。このとき、電流指令I<sub>ref</sub>は電流アンプ5の出力リミットを越えるため、予め電流指令I<sub>ref</sub>に出力リミット（図5中の点線52）を設け、電流アンプ5に過大な信号が入らないようにしている。従って、磁気軸受用電磁石6に流れる電流iは出力リミットを設けた電流指令I<sub>ref</sub>と同様な飽和した波形となるため、制御系は線形性が崩れて不安定となり、延いては制御不能になり、回転体のタッチダウンという異常状態に陥る。このように、従来例1における磁気軸受では、回転体の回転中に急激な負荷変動等により、回転体の不釣合いが増し、上述したような不具合な現象が生じてもそれを検出する手段がないため、遂には回転体がタッチダウンするという問題点があった。また、従来例2は、回転体と制御コイルの位置より、制御電流を少なくして効率を上げるように、系の制御ゲインを設定する手段である。これは、回転体と制御コイルの距離が長くなれば、制御は元に戻そうとして、過大な力を必要とし、電流が飽和し易くなるが、制御ゲインを下げることで、電流が飽和しないようにする磁気軸受装置であり、電流が飽和しないようにしても、極く瞬間的な一過性的な原因ならいざ知らず、根本的な原因に基づく不釣合いは是正できないとも考えられる。ところで、磁気軸受で回転体を運転支承中に発生する回転体の不釣合いにより振動が増大した場合に、これを制御的に抑え込もうとして過大な電流（一般的には回転周波数に同期した正弦波波形となる）が軸受用電磁石に流れる。ところが、電流が大き過ぎると、電流アンプには出力制限があるため、この正弦波のピーク値が制限値にかかり、飽和した波形となり、制御的に非線形となるため磁気軸受

が発振することがある。そこで、本発明は、この電流が制限を越えた場合に、飽和の程度をデジタル演算器内で判断して、アラーム出力、非常停止する等の方法を取り、回転体のタッチダウンによる損傷を未然に防止する磁気軸受の制御方法を提供することを目的とする。

#### 【0004】

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決するために、本発明は、回転体が空隙を介して磁気的に支承されるように回転体が備える回転軸の両端に配置し各端に並設した軸受用電磁石と、回転体の変位を検出する変位センサと、位置指令とその変位センサの検出信号に基づき位置偏差を導出してから前記軸受用電磁石に与える電流指令をデジタル演算するデジタル制御部と、その電流指令に応じた電流を流す電流アンプを備えた磁気軸受制御装置において、前記デジタル制御部で計算された電流アンプへの電流指令を監視し、その電流指令が電流アンプの出力リミットの値を越える時間が予め設定された期間を超過するときは、アラーム出力を出力させあるいは回転体の回転を停止させる磁気軸受の制御方法である。すなわち、本発明は、デジタル演算器で計算された電流指令を常時監視し、サンプリング周期ごとに連続して電流リミットの範囲を越えていれば、その回数をカウントし、その割合が回転体の回転周期のサンプリング回数と比較して大きければ、アラーム出力するかあるいは回転を非常停止させるような制御方法である。

#### 【0005】

【作用】本発明はこのような回転軸受の制御方法であるから、回転体の回転中でのタッチダウンが完全に防止され、装置に損傷を与えることなく回転体の回転を停止させることができ、制御系の信頼性が向上する。

#### 【0006】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。なお、本発明の一実施例のハードウェアを表す磁気軸受の制御系の全体の構成ブロック図は、従来例の図3と同じであるから再掲は省略する。図1は、本発明の一実施例における磁気軸受の制御方法のソフトウェアを示すフローチャートである。まず、回転体の回転軸を磁気軸受の制御が開始されると〔ステップ101〕、制御演算のため後述するサンプリング周期T、フィルタ（不図示）時定数、制御ゲイン等のパラメータの初期化つまり定数の初期設定を行う〔ステップ102〕。次に、 $f/V$ 〔周波数→電圧〕変換器（不図示）を通した回転体の回転数信号と変位センサ8のデータを、A/D変換器1へ入力するとともに、位置指令をA/D変換器9へ入力する〔ステップ103〕。そして、デジタル演算器2〔本発明の一実施例では、例えばパーソナルコンピュータあるいはCPUボード等を適用する〕では、回転体の回転数より回転体が1/2回転する間のサンプリング回数nを計算する〔ステップ104〕。ここで、図2(a)はサンプリング回数nを表す電流アンプへの電流指令図である。

横軸に時間の経過をとり、縦軸に電流指令Irefをとっている。縦軸に示す0からIref limitまでが正の電流リミットの範囲内を表し、横軸に示す0からt halfまでが回転体の1/2回転の時間帯であり、それをn等分して位置検出を行うサンプリングの1周期Tを作る。その演算は、

$$n = 1 / (2 \times f \times T)$$

ただし、fは回転体の回転周波数でヘルツ(Hz)

Tはサンプリング周期

としている。さらに、位置指令や変位センサ8のデータより、電流指令Irefを計算し〔ステップ105〕、この電流指令の絶対値|Iref|が電流アンプ5の出力リミットの範囲内であれば〔ステップ106でNOのとき〕、リミットオーバーのカウント値(count)を0にして、電流指令IrefをそのままD/A変換器4へ出力し〔ステップ107〕、そしてD/A変換器4でD/A変換をして出力し〔ステップ113〕、A点に戻り以下の演算を繰り返す。しかし、磁気軸受に加わる外乱により、連続して電流指令の絶対値|Iref|が出力リミットIref limitを越えた場合〔ステップ106でYESのとき〕には、リミットオーバーのカウント値(count)を1つ増して〔ステップ108〕、カウント値(count)  $\leq (1/3)n$ の間は電流指令Irefとして電流アンプ5の正あるいは負の出力最大(MAX)値をD/A変換器4へ出力する〔ステップ112〕。そしてD/A変換器4でD/A変換をして出力し〔ステップ113〕、A点に戻り以下の演算を繰り返す。さらに、ステップ109の判断においては、電流指令の絶対値|Iref| > 電流アンプリミットである〔YES〕場合、カウンタ（不図示）は電流指令の絶対値|Iref|が、サンプリング毎に連続してリミットIref limitを越えたときのみ、サンプリング回数の個数をカウントして行き、このカウント値と事前に計算していた回転体1/2回転間の、サンプリング回数nと比較する。そして、図2(a)に示すように、電流指令の絶対値|Iref|が連続的に出力リミットIref limitを越えて、カウント値(count)がサンプリング回数nに対して設定していた割合以上〔例えば、カウント値(count) >  $(1/3)n$ 〕になれば〔ステップ109でYESのとき〕、電流指令Irefの飽和による制御系の非線形性が大きいと判断して、アラーム出力するかロータの回転を非常停止させるようにして〔ステップ110〕、この制御は一旦は終了する〔ステップ111〕。ただし、図2(b)に示すように、カウント値(count)が増えている途中で、電流指令の絶対値|Iref|が断続的にリミットIref limitの値以下になった場合、ステップ107へ移り、カウント値(count)を0に戻し、下がった電流指令IrefそのままをD/A変換器4へ出力する。なお、前記設定していた割合である設定値カウント値(count) >  $(1/3)n$ は、回転体を安定に制御できるまでの値とし、これは実験等によって求められ、例えば係数の(1

5

／3)などは磁気軸受の仕様、回転数等の特性によりその数値が調整される。ステップ107とステップ112のそれぞれの場合において、D/A変換器4に出力した後は、ステップ113からタイマ割込みによりA点に戻り、この制御ループを再度形成してこれを演算実行する。

【0007】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、外乱等のある理由回転体の不釣合いが増加して制御系が不安定になっても、回転体がタッチダウンする以前に停止させることができるため、装置も損傷を受けることなく、制御系の安定度の向上に著しく寄与するという特段の効果を奏することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例における制御の過程を示すフローチャートである。

【図2】本発明の電流アンプの電流指令を説明する図

【図3】本発明の一実施例におけるハードウェアとして

6

の全体の制御系の構成ブロック図

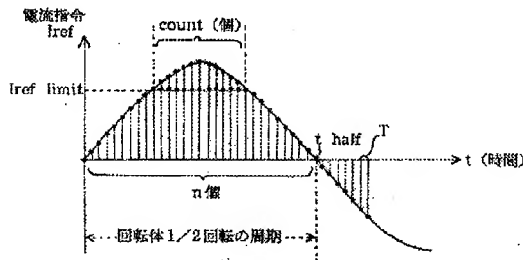
【図4】従来例の制御方法を表す流れ図

【図5】従来例の電流アンプの電流指令を説明する図

【符号の説明】

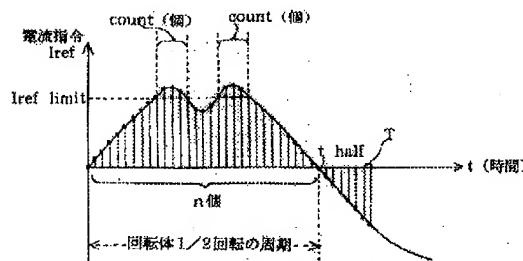
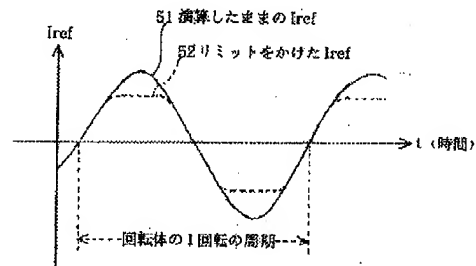
- 1 A/D変換器
- 2 デジタル演算器
- 3 デジタル制御部
- 4 D/A変換器
- 5 電流アンプ
- 6 磁気軸受用電磁石
- 7 回転体
- 8 変位センサ
- 9 A/D変換器
- f 回転体回転周波数(Hz)
- T サンプル周期(時間)
- n サンプル回数
- Iref 電流指令

【図2】



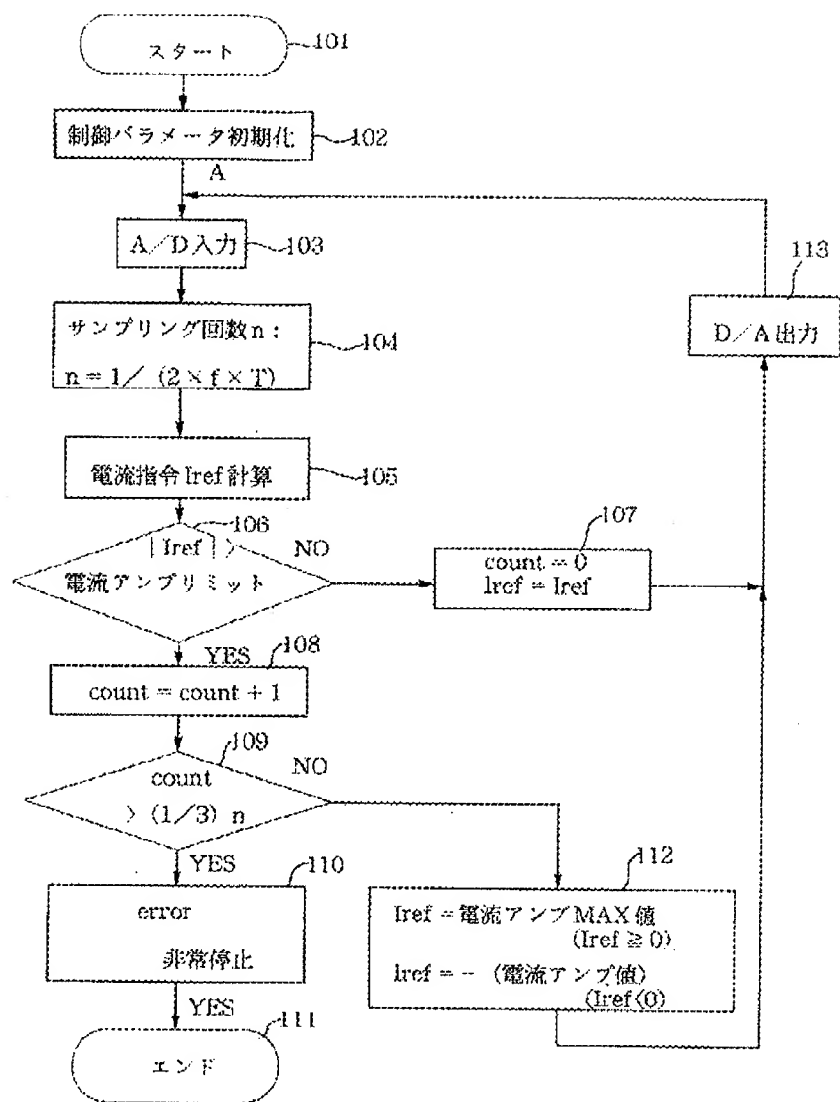
(a)

【図5】

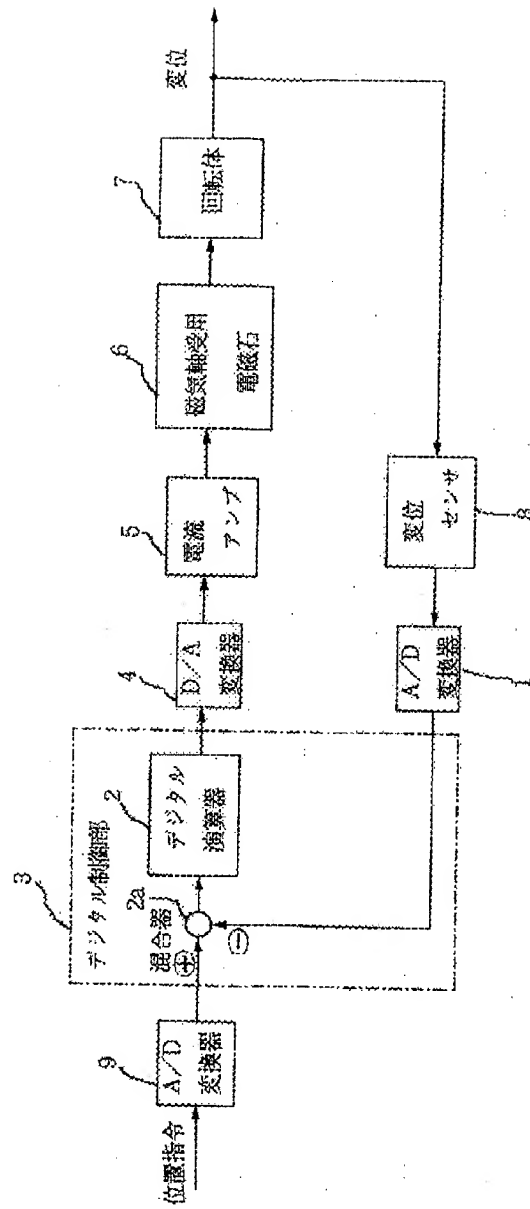


(b)

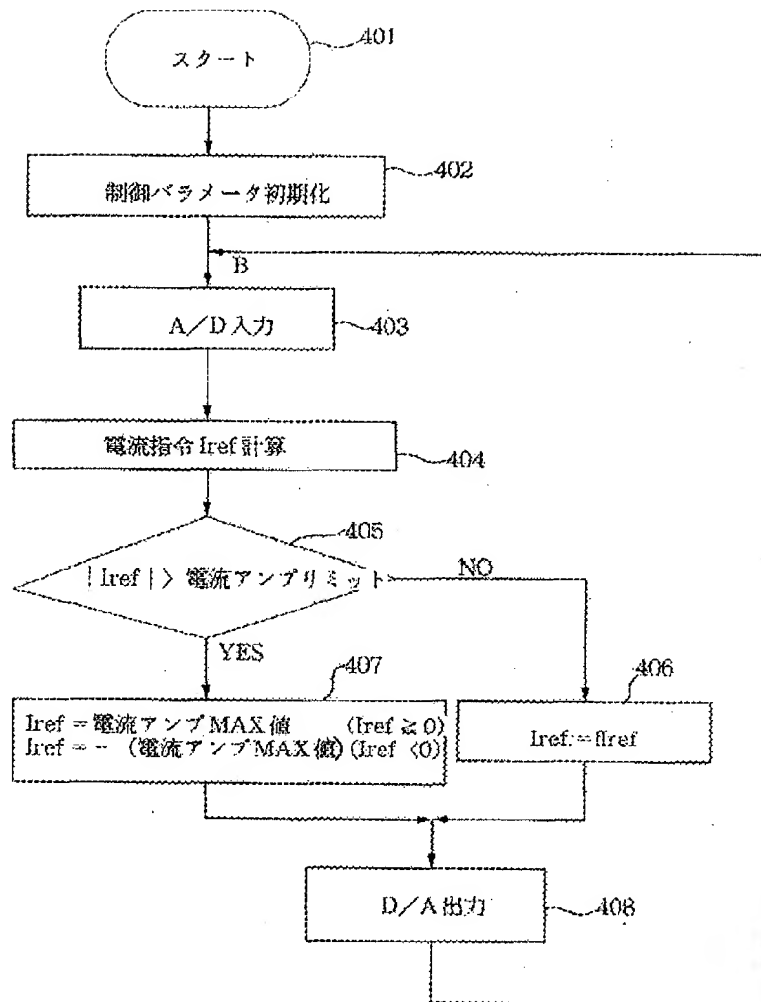
【図1】



【図3】



【図4】



【手続補正書】

【提出日】平成6年1月24日

【手続補正1】

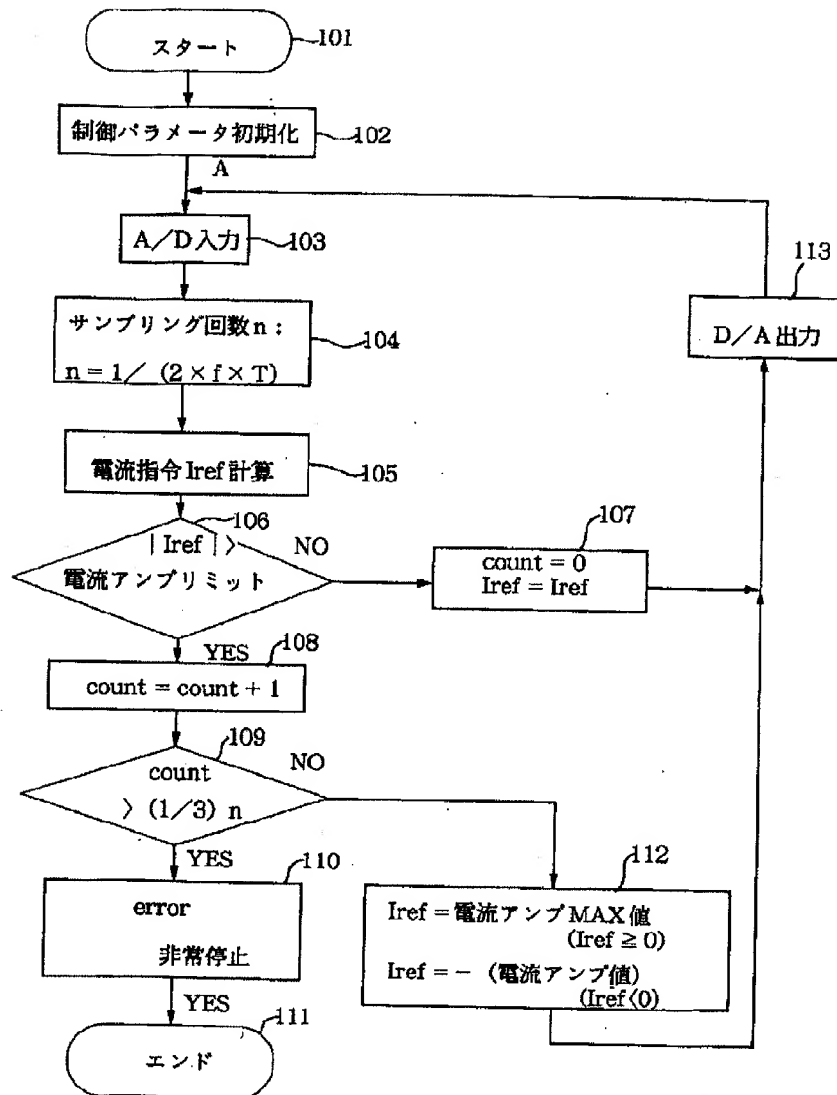
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】全図

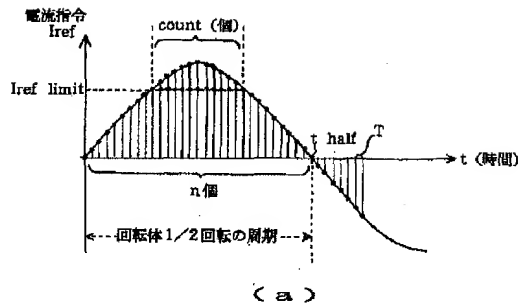
【補正方法】追加

【補正内容】

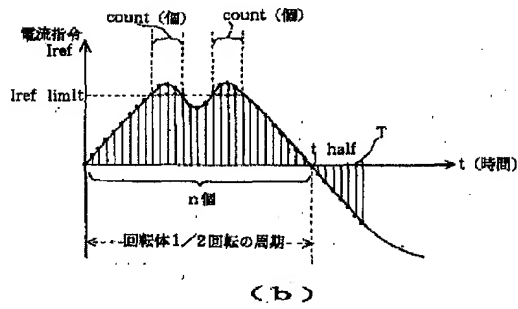
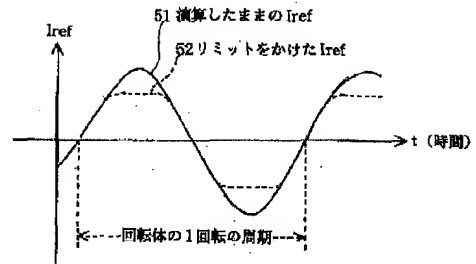
【図1】



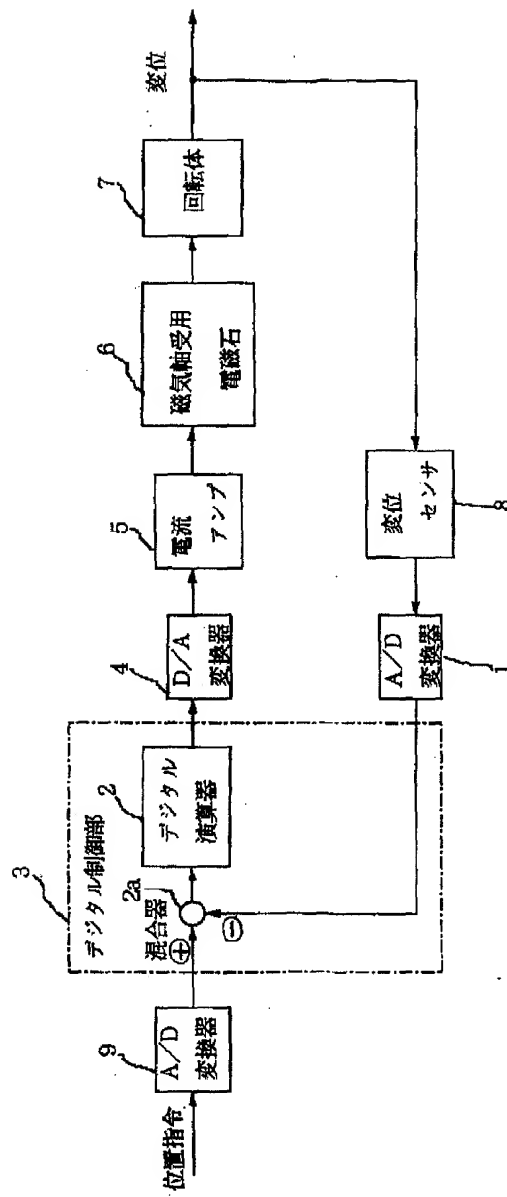
【図2】



【図5】



【図3】



【図4】

